

Waterkwaliteit en zuiveringsinspanning

Roberta Hofman-Caris, Tessa Pronk, Luuk de Waal (KWR), Gerard Stroomberg (RIWA-Rijn)

KWR en RIWA-Rijn hebben een raamwerk van drie waterkwaliteitsindices voor de beoordeling van de waterkwaliteit ontwikkeld. Bij toepassing van deze indices op de Rijn blijkt dat de waterkwaliteit de afgelopen twintig jaar niet verbeterd is, mogelijk zelfs verslechterd. Verschillende drinkwaterbedrijven hebben uit voorzorg inmiddels hun zuiveringen al uitgebreid, maar dit is juist niet de bedoeling van de KRW. De huidige inspanningen lijken onvoldoende om het doel van de KRW te realiseren.

Sinds het jaar 2000 geldt de Kaderrichtlijn Water (KRW) [1], die als doel heeft de kwaliteit van oppervlakte- en grondwater in Nederland te beschermen en verbeteren. Wat betreft bronnen voor drinkwater beoogt de KRW een ‘goede toestand’ van het water, om met zo min mogelijk inspanning (eigenlijk met minder inspanning dan nu) veilig drinkwater te kunnen produceren. Maar hoe wordt de waterkwaliteit gedefinieerd en hoe is te meten of, en zo ja hoe, die verandert? En in het verlengde hiervan: wat doen de drinkwaterbedrijven om de uitstekende kwaliteit van drinkwater die we nu hebben te kunnen blijven garanderen, ook als de kwaliteit van de bronnen wél verslechtert?

In 2020 is het rapport ‘Removal requirement and purification treatment effort for Dutch Rhine water from 2000-2018’ van RIWA-Rijn verschenen [2]. Deze studie is daarna ook internationaal gepubliceerd [3]. Hierin wordt een methodiek beschreven die kan worden gebruikt om de waterkwaliteit van bijvoorbeeld oppervlaktewater in kaart te brengen. Voor het raamwerk van indices dat hierin is opgesteld is gebruik gemaakt van wettelijke eisen zoals die zijn vastgelegd in het Nederlandse Drinkwaterbesluit. Dit besluit geeft het wettelijke kader aan waaraan Nederlands drinkwater moet voldoen. Volgens KRW artikel 7.3 moeten waterlichamen bestemd voor de drinkwaterproductie worden beschermd, met als doel achteruitgang van de waterkwaliteit te voorkomen. Het niveau van zuivering dat nodig is om drinkwater te kunnen maken zou zo verlaagd kunnen worden. Het raamwerk van indices legt een verband tussen dit artikel 7.3 en het Drinkwaterbesluit. Men zou met eenvoudige aanpassingen ook andere kaders kunnen hanteren, zoals de Europese Drinkwaterrichtlijn of andere richtlijnen zoals die in EU-lidstaten gelden. Er zijn drie indices ontwikkeld: de ‘Water Quality Index Removal Requirement’ (WQI-RR), de ‘Water quality Index Purification Treatment Effort’ (WQI-PTE), en de combinatie ‘Required purification treatment level’ (WQI-RR-PTE).

De Water Quality Index Removal Requirement (WQI-RR) is een index waarmee de ontwikkeling van de waterkwaliteit aan kan worden gegeven. De waterkwaliteit wordt bepaald aan de hand van chemische en microbiologische parameters. In dit onderzoek is gekeken naar chemische parameters. Die werden tot nu toe nooit allemaal samengevat in één getal. De vereiste verwijdering voor individuele chemische stoffen wordt bepaald door de verhouding van de concentraties die volgens het Drinkwaterbesluit zijn toegestaan in drinkwater en de maximale concentraties, die in het water (bij het innamepunt van drinkwaterzuiveringen) in een bepaalde periode zijn gemeten. Vervolgens zijn deze verhoudingen gesommeerd over het aantal stoffen. Op deze manier ontstaat een getal dat toeneemt als voor een bepaalde stof de maximaal toegestane waarde wordt overschreden. Hoe hoger de WQI-RR, des te meer verwijderingscapaciteit nodig is. De wiskundige formules zijn weergegeven in het kader.

RR (removal requirement) geeft voor elke component (i) de verhouding tussen de norm voor drinkwater en de werkelijke maximaal gemeten concentratie aan:

$$RR_i = 100 \times \left(1 - \frac{C_{DWB,i}}{C_{max,i}}\right) \quad (\text{als } C_{max,i} > C_{DWB,i})$$

In deze formule is $C_{DWB,i}$ de maximaal toegestane concentratie van component i in het Drinkwaterbesluit, en $C_{max,i}$ de maximaal aangetoonde concentratie van die component in de bron van het drinkwater.

De waterkwaliteitsindex WQI-RR wordt dan berekend via:

$$WQI-RR = \sum_1^n RR_i$$

Tabel 1. Bepaling van wegingsfactor w1

Log K_{ow}	>6	3-6	0-3	<0
w1	0	0,33	0,66	1

Tabel 2. Bepaling van wegingsfactor w2

Biowin3	>4,75	3,25 – 4,75	2,25-3,25	<2,25
W2	0,5	0,67	0,83	1

Hiermee kan de 'removal indication' (RI) voor een component i worden berekend volgens:

$$RI_i = w1_i \times w2_i \times 100$$

De verwijderingsinspanning WQI-PTE wordt dan berekend via:

$$WQI-PTE = \frac{\sum_1^n RI_i}{n}$$

De residual removal requirement (RRR) is een maat voor hoeveel extra inspanning hier bovenop nodig is om component i tot onder de drinkwaternorm te verwijderen. Deze wordt als volgt berekend:

$$RRR_i = \frac{RR_i - (100 - RI_i)}{RI_i} \quad (\text{als } 100 - RI_i < RR_i)$$

En de gecombineerde index wordt dan:

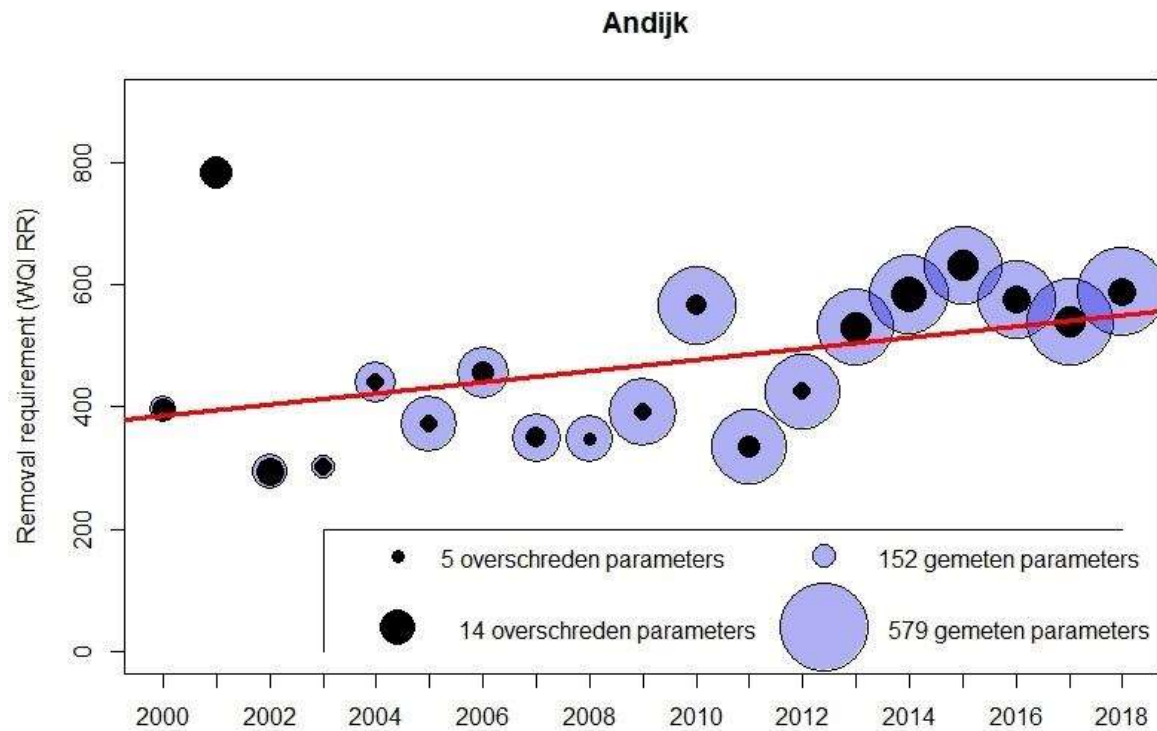
$$WQI-RR-PTE = \sum_1^n RRR_i$$

Het is echter niet voldoende om te weten welke stoffen er verwijderd moeten worden, want de ene stof is in de drinkwaterzuivering veel eenvoudiger te verwijderen dan de andere. Daarom is ook de Water quality Index Purification Treatment Effort (WQI-PTE) bepaald. Deze index geeft aan hoe moeilijk het is om de verontreinigingen uit het water te verwijderen. Hiervoor worden aangetroffen verontreinigingen gecategoriseerd op basis van hun oplosbaarheid in water (de log K_{ow} -waarde, een maat voor de verdeling van een stof over octanol en water) en hun biodegradeerbaarheid. Hoe hoger log K_{ow} (en dus hoe hydrofober een stof) is, des te gemakkelijker is die te verwijderen uit het water. Zo zal een stof met een hogere log K_{ow} beter via adsorptie verwijderd kunnen worden dan een hydrofiele stof. Wegingsfactor w1 wordt bepaald aan de hand van log K_{ow} (zie kader). Een stof is ook eenvoudiger

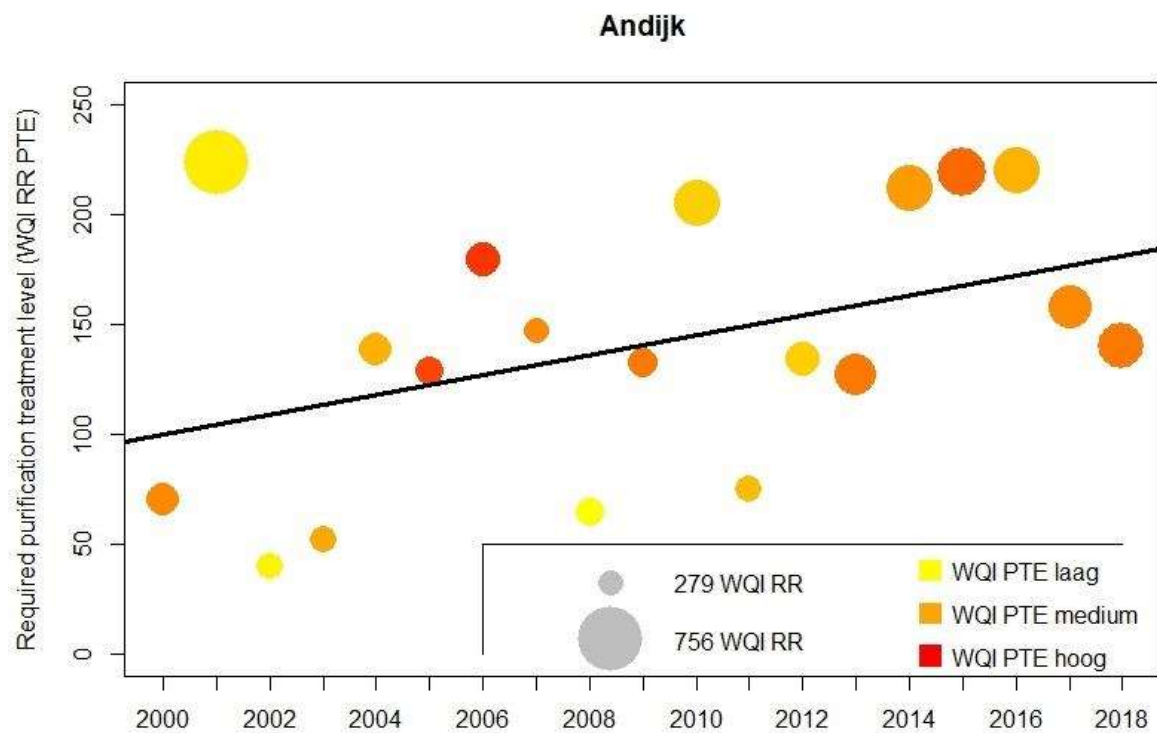
uit het water te verwijderen als die beter biodegradeerbaar is. Een maat voor de biodegradeerbaarheid is 'Biowin3' [4]. Een stof met Biowin3 tussen 4,75 en 5 is volledig afbreekbaar in uren. Tussen 3,75 en 4,25 duurt het dagen voordat een stof is afgebroken, tussen 2,75 en 3,25 weken, tussen 1,75 en 2,25 maanden en een waarde lager dan 1,75 verwijst naar een persistente stof. Op basis van deze waarden wordt wegingsfactor w_2 bepaald en de verwijderingsindicatie (removal indication RI) wordt berekend als het product van deze twee wegingsfactoren (zie kader). Als de waarde voor RI gelijk is aan 0 wordt de stof volledig verwijderd, bij RI = 100 treedt geen verwijdering op. De verwijderingsinspanning WQI-PTE wordt dan berekend door de gemiddelde verwijderingsinspanning van alle componenten te berekenen.

Als op bovenstaande manier is uitgerekend hoeveel verontreinigingen er verwijderd moeten worden en hoeveel moeite dat gaat kosten, levert de combinatie van deze beide indices de 'Required purification treatment level' (WQI-RR-PTE) op, een maat voor de extra inspanning die nodig zal zijn om het water op drinkwaterkwaliteit te brengen (zie kader).

Deze methode is toegepast op de Nederlandse meetdata van de Rijn (zie afbeelding 1 en 2). Op grond van de KRW zou de verwijderingsinspanning WQI-RR de afgelopen jaren lager moeten zijn geworden door een betere oppervlaktewaterkwaliteit, maar dat bleek niet uit de data-analyse. Op enkele locaties nam de WQI-RR juist toe. Omdat in de praktijk niet duidelijk is of alle stoffen die nieuw de norm overschrijden ook echt 'emerging substances' zijn (misschien kunnen ze pas sinds kort geanalyseerd worden bij deze concentraties), is het niet met zekerheid te zeggen dat er een verslechtering plaatsvindt. Ook de WQI-PTE, die een maat is voor de benodigde zuiveringsinspanning, bleek niet te zijn afgenomen. De combinatie van beide indices, WQI-RR-PTE, bleek ook niet te zijn afgenomen tussen 2000 en 2018, en leek op vier locaties eerder te zijn toegenomen.



Afbeelding 1. Benodigde verwijdering ('removal requirement', WQI-RR) in Andijk over de jaren 2000 - 2018



Afbeelding 2. Benodigde zuiveringsinspanning ('required purification treatment', WQI-RR-PTE) voor Andijk over de jaren 2000 - 2018

Dynamisch systeem

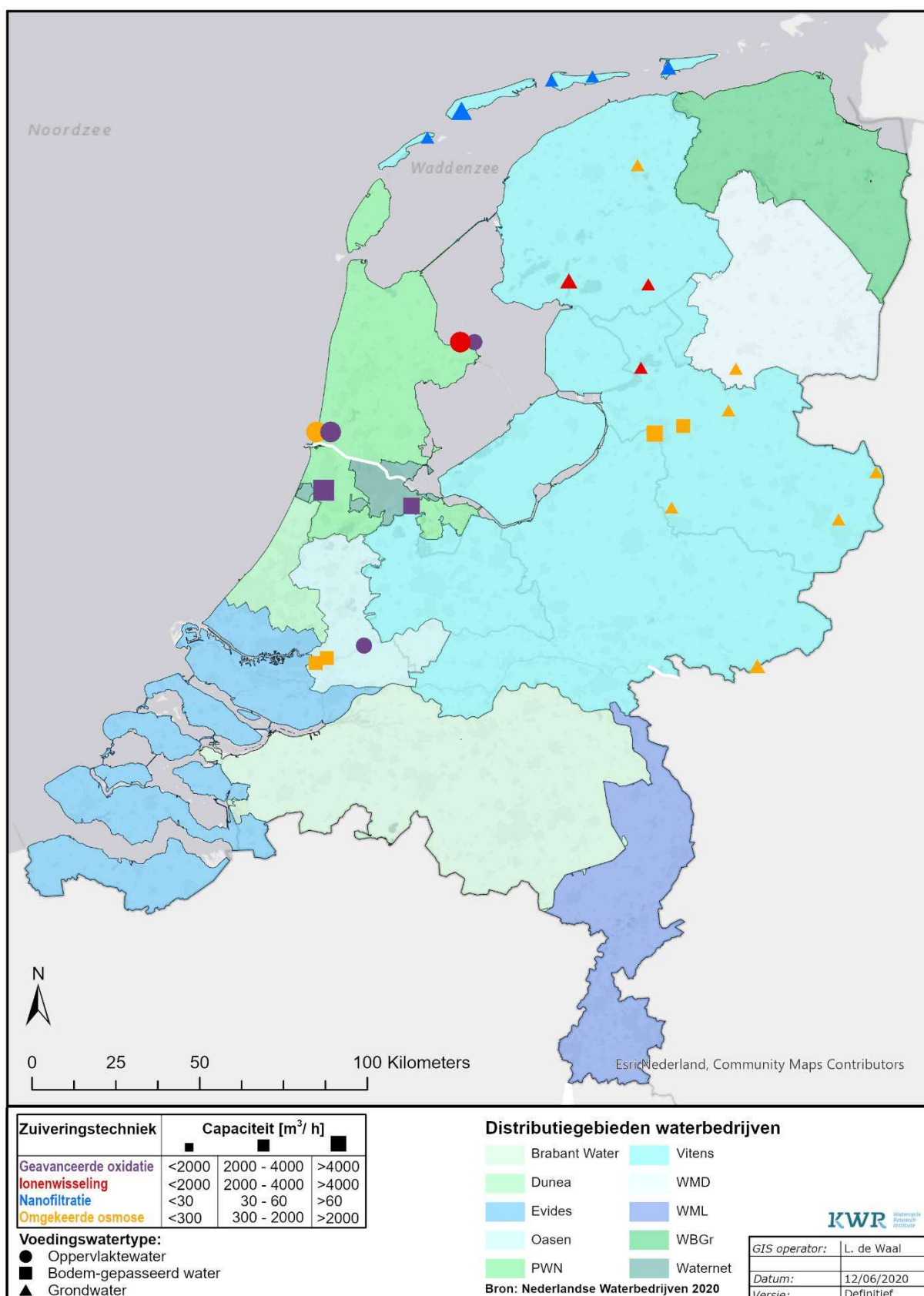
Uiteraard zeggen deze getallen niet alles. De Rijn is een dynamisch systeem, waarin sommige stoffen incidenteel voorkomen of verdwijnen. Sommige stoffen zijn altijd aanwezig, terwijl er telkens ook nieuwe stoffen op het toneel verschijnen. Dit laatste is te verwachten, als men bedenkt dat er in 2019 in totaal 22.468 stoffen waren toegelaten in de EU [5] en dat dit aantal jaarlijks toeneemt. Nadere analyse van alle data laat zien dat met name ‘gewasbeschermingsproducten, biociden en hun metabolieten’ en ‘algemene parameters en nutriënten’ een belangrijk aandeel hebben in de WQI-RR. Ook de categorie ‘industriële producten en consumentenproducten’ levert een aandeel, maar deze leidt niet tot een constante belasting van het Rijnwater; dat gaat meer met pieken en dalen. De categorie ‘geneesmiddelen en hormoonverstorende stoffen’ vormt tot op dit moment een relatief kleine groep verontreinigingen, maar wordt wel op alle meetlocaties langs de Rijn constant steeds meer gemeten.

Samenvattend kan dus worden gesteld dat dit raamwerk van indices aangeeft dat de waterkwaliteit van de Rijn in Nederland de laatste 20 jaar zeker niet verbeterd is, ondanks de genomen maatregelen. De indices zijn ook toegepast op de Maas, waaruit in grote lijnen hetzelfde beeld naar voren komt. Op een aantal plekken lijkt de Maaswaterkwaliteit de laatste jaren echter wel te verbeteren. Metingen aan grondwater laten zien dat ook hierin steeds vaker verontreinigingen worden aangetoond. Deze zogenoemde ‘vergrijzing’ van grondwater is beschreven in een Deltafact van STOWA [6]. In principe zouden de hierboven beschreven indices ook op grondwater kunnen worden toegepast, maar dat is nu nog niet gebeurd. Hiervoor is het wel nodig dat het meetprogramma gericht is op het meten van de relevante microverontreinigingen op de meetlocatie.

De conclusie dat de waterkwaliteit in veel gevallen niet goed is en ook niet significant lijkt te verbeteren kwam voor de Nederlandse drinkwaterbedrijven niet als een donderslag bij heldere hemel. Zij hadden zelf ook al geconstateerd dat waakzaamheid nodig was voor de kwaliteit van hun ingenomen water. Bovendien hebben de bedrijven ook te maken met aangescherpte normstellingen. Verschillende bedrijven hadden dan ook al de conclusie getrokken dat een uitgebreidere drinkwaterzuivering nodig zou zijn, om een goede kwaliteit van het drinkwater te kunnen blijven garanderen. Hoewel het de bedoeling van de KRW was om met zo min mogelijk inspanning drinkwater te kunnen maken, hebben diverse drinkwaterbedrijven die oppervlaktewater gebruiken inmiddels al plannen gemaakt voor een uitbreiding van de zuivering, en die plannen in bepaalde gevallen zelfs al gerealiseerd. Onlangs heeft KWR in opdracht van de Vereniging van Waterbedrijven in Nederland (Vewin) deze additionele zuiveringsinspanning geïnventariseerd [7]. Hierbij is gekeken naar de capaciteit aan geavanceerde zuiveringsprocessen die inmiddels in Nederland is geïnstalleerd. Onder een klassieke zuivering voor drinkwaterproductie uit grondwater werd in dit kader beluchting/ontgassing en filtratie verstaan. Eventueel kunnen nog filtratie over actieve kool en UV-desinfectie worden toegepast. Voor oppervlaktewater bestaat een klassieke zuivering uit coagulatie/flocculatie/sedimentatie (om deeltjes te verwijderen), snelfiltratie, filtratie over actieve kool of langzame zandfiltratie en desinfectie. Wanneer de bronkwaliteit voor drinkwaterproductie over de gehele breedte zou verbeteren in plaats van verslechteren, zou deze klassieke zuivering niet wezenlijk aangepast hoeven worden. De praktijk is echter dat er op verschillende drinkwaterproductielocaties al geavanceerde zuiveringstechnieken worden toegepast. Een geavanceerde zuiveringstechniek is in deze studie gedefinieerd als een zuiveringstechniek die geen deel uitmaakt van de klassiek toegepaste zuiveringstechnieken en door de drinkwaterbedrijven wordt toegepast met het oog op een toekomstbestendige drinkwatervoorziening

(en dus niet enkel vanwege een efficiëntere of kosten-effectievere drinkwaterproductie). Dit leidde tot de volgende selectie aan toegepaste technieken: (geavanceerde) oxidatie, membraanfiltratie (nanofiltratie en omgekeerde osmose) en ionenwisseling.

Uit de inventarisatie bleek dat in 2020 zes van de tien Nederlandse drinkwaterbedrijven al op totaal 24 verschillende zuiveringsstations één of meerdere geavanceerde zuiveringstechnieken toepassen (afbeelding 3).



Afbeelding 3. Geavanceerde zuiveringstechnieken toegepast door Nederlandse drinkwaterbedrijven ten behoeve van de drinkwaterproductie (2020)

In tabel 3 wordt een overzicht gegeven van de ingeschatte geïnstalleerde productiecapaciteit voor geavanceerde zuiveringen in 2020.

Tabel 3. Ingeschatte geïnstalleerde productiecapaciteit voor geavanceerde zuiveringen in Nederland in 2020

Techniek	Geïnstalleerde productiecapaciteit (Mm ³ /jaar)
Ozonisatie	92,3
UV/waterstofperoxide	97,6
Ionenwisseling	86,6
Nanofiltratie	1,2
Omgekeerde osmose	30,3

Deze geavanceerde technieken moeten echter altijd in combinatie met andere zuiveringsprocessen worden toegepast, want om een goede zuivering te verkrijgen is in het algemeen een multibarrière-aanpak nodig, met ook minstens twee desinfectiestappen. Het is niet mogelijk met slechts één techniek aan alle eisen voor drinkwater te voldoen.

Conclusies

Op basis van de KRW en de eisen die zijn vastgelegd in het Nederlandse Drinkwaterbesluit is een raamwerk van drie waterkwaliteitsindices ontwikkeld, die kunnen worden gebruikt om de waterkwaliteit in termen van chemische stoffen over de jaren en/of in het stroomgebied van een rivier in kaart te brengen. Hoewel deze waterkwaliteitsindices zijn ontwikkeld aan de hand van data van de Rijn, kunnen ze ook worden toegepast op andere oppervlaktewateren en ook op grondwater.

Deze indices laten duidelijk zien dat de algehele kwaliteit van het water in de Rijn de afgelopen decennia zeker niet is verbeterd, maar op verschillende plekken mogelijk zelfs is verslechterd. Daarom hebben diverse Nederlandse drinkwaterbedrijven hun zuivering de afgelopen jaren al uitgebreid. Dit staat echter haaks op de doelen van de KRW, die juist een beperktere drinkwaterzuivering nastreeft, door een verbeterde kwaliteit van het oppervlaktewater. De uitbreiding van de zuivering moet in die zin worden gezien als een noodverband dat is aangelegd, om de uitstekende drinkwaterkwaliteit die we nu hebben in de toekomst te kunnen blijven garanderen. Het zal echter duidelijk zijn dat de echte oplossing van het probleem niet ligt in het verder uitbreiden van de drinkwaterzuiveringen, maar in een substantiële verbetering van zowel de oppervlaktewater- als grondwaterkwaliteit. Dit is niet alleen van belang voor de drinkwaterproductie, maar net zo goed voor de milieudoelinden, waaraan Nederland zich in EU-verband immers heeft verplicht.

Met dank aan alle Nederlandse drinkwaterbedrijven en Vewin voor hun medewerking aan het onderzoek.

Referenties

1. https://ec.europa.eu/environment/water/water-framework/index_en.html
2. Pronk, T.E., Vries, D., Kools, S.A.E., Hofman-Caris, C.H.M. and Stroomberg, G.J. (2020). *Removal requirement and purification treatment effort for Dutch Rhine water from 2000-2018*. RIWA Association of River Waterworks, section Rhine, Nieuwegein
3. Pronk, T.E. et al. (2021). 'A water quality index for the removal requirement and purification treatment effort of micropollutants'. *Water Supply* 21 (1): 128–145 DOI: <https://doi.org/10.2166/ws.2020.289>
4. Boethling, R.S. et al. (2004). 'Using BLOWIN, Bayes, and batteries to predict ready biodegradability. *Environ'. Toxicol. Chem.* 23:911-920.
5. European Chemicals Agency (2021). *Geregistreerde stoffen*. <https://echa.europa.eu/nl/information-on-chemicals/registered-substances>
6. Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer. *Deltafact 'Vergrijzing van grondwater'* <https://www.stowa.nl/deltafacts/waterkwaliteit/kennisimpuls-waterkwaliteit/vergrijzing-van-grondwater>
7. Waal, L. de, Hofman-Caris, R. (2021). *Additionele zuiveringsinspanning voor de verwijdering van opkomende stoffen. Geavanceerde drinkwaterzuiveringstechnieken in kaart gebracht*. KWR 2021.006.